Aus der Hautklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Wilhelm Schneider

Methodische Untersuchungen zur Prüfung der Lichtempfindlichkeit der menschlichen Haut mit einer ungefilterten und gefilterten Xenonlampe

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Brigitte Muschal
aus Rottweil

1970

Aus der Hautklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Wilhelm Schneider

Methodische Untersuchungen zur Prüfung der Lichtempfindlichkeit der menschlichen Haut mit einer ungefilterten und gefilterten Xenonlampe

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Brigitte Muschal
aus Rottweil

1970

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. med. J. Hirschmann

1. Berichterstatter: Professor Dr. med. H. Tronnier
2. Berichterstatter: Professor Dr. med. W. Schneider

FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG · Tübingen

Inhaltsangabe:

I	Einleitung und Problemstellung	1
II	Wirkung des Lichts auf die Haut	2
	1. physikalische und biologische Vorbemerkungen	
	2. Erythem - Pigment - Lichtempfindlichkeit	
	3. pathologische Lichtreaktionen der Haut - Lichtdermatosen	
III	Erythemmessungen	8
	1. Methoden	
	2. Definition der Erythemschwelle	
IV	Bisherige Methoden	9
	1. Sonnenlicht	
	2. Quecksilberlampen	
	3. Xenonlampe nach JUNG	
V	Eigene Untersuchungen	1o
	1. Bestrahlungslampe und Filter	
	2. Versuchsablauf	
	3. Versuchsergebnisse und Auswertung	
VI	Diskussion	25
VII	Zusammenfassung	3o
VIII	Literaturverzeichnis	31

I. Einleitung und Problemstellung

Eine der wichtigsten Aufgaben bei der Erforschung der Lichtreaktionen der menschlichen Haut, wie sie unter Sonnenbestrahlung häufig auftreten, ist die Bestimmung der auslösenden Spektralbereiche.

Für Testzwecke ist aber das Sonnenlicht ungeeignet, da es starken regionalen und klimatischen Schwankungen unterliegt. Um von diesen äußeren Bedingungen unabhängig zu sein, verwendet man künstliche Strahler, wobei unterschieden wird zwischen Lampen mit Linienspektren, z.B. die Quecksilberlampen, und solchen mit einem kontinuierlichen Spektrum wie die Xenonlampe (MEYER und SEITZ -26-). Da das Spektrum der Xenonlampe am besten der Sonnenstrahlung entspricht, ist diese für Versuche besonders gut geeignet (JUNG -18-).

Die Xenonlampe wurde 1947 von SCHULZ entwickelt und für medizinische Zwecke empfohlen (37, 38). Ähnliche Lampen wurden von weiteren Autoren beschrieben und geprüft (1, 4, 15, 24, 25, 32, 45, 46). Infolge technischer Schwierigkeiten, sowie des damit verbundenen großen Aufwands, war es bis in jüngster Zeit nicht gelungen, eine für Routineuntersuchungen geeignete Lampe zu entwickeln. Erst 1967 beschrieb JUNG (18) eine günstige Xenonlampe, die er zum Nachweis von Photoallergien anwandte.

Diese Lampe soll hier an einem größeren Versuchskollektiv mit ungefiltertem und gefiltertem Licht erprobt werden, um die Aufstellung einer spektralen Lichtempfindlichkeitskurve zu ermöglichen.

II. Wirkung des Lichts auf die Haut

1. Physikalische und biologische Vorbemerkungen

a. Der optische Bereich des elektromagnetischen Spektrums umfaßt das Ultraviolette Licht 200 - 400 nm
das sichtbare Licht 400 - 760 nm
und das Infrarote Licht 760 - 1000 nm.

Für strahlenbiologische Untersuchungen wird das Ultraviolettlicht nach Vorschlägen von COBLENTZ (6) nochmals unterteilt in:

UV C	200 - 280 nm
UV B	280 - 315 nm
UV A	315 - 400 nm

Das Licht ist aus einzelnen Lichtquanten zusammengesetzt. Je kürzer die Wellenlänge, umso energiereicher ist das Einzelquant, denn nach dem Planckschen Satz ist die Energie des Einzelquants umgekehrt proportional zur Wellenlänge.

b. Das die Haut treffende Licht wird zum Teil reflektiert, zum anderen von der Haut absorbiert und gestreut. Nach dem Gesetz von Grotthus - Draper ist gerade die Absorption von Energie, also von Lichtquanten, die Voraussetzung für eine biologische Lichtwirkung.
Die Schwächung des Lichts ist in den einzelnen Hautschichten unterschiedlich. Durch sie wird das Eindringungsvermögen des Lichts in die Haut bestimmt. Die Durchlässigkeit der einzelnen Hautschichten wurde von BACHEM (2), TRONNIER und MERTEN (43) und ROTTIER (30) untersucht. Wird wenig Licht reflektiert, d.h. besonders im UV C - und UV B - Bereich, so wird der größte Teil des Lichts von der Haut absorbiert, und zwar bereits im Stratum corneum. Erst über 300 nm erfolgt eine Schwächung des eindringenden Lichts durch das Pigment der Basalschicht, da nur diese Wellenlängen so tief in die Haut eindringen. Die noch tiefer liegenden Kapillarnetze werden nur noch vom längerwelligen Licht, also UV A und sichtbaren Licht, erreicht.

2. Erythem - Pigment - Lichtempfindlichkeit

a. Die Lichtentzündung, also das UV - Erythem, ist die häufigste Lichtreaktion der Haut.

Ausgelöst wird die Lichtentzündung durch:

1. Die Absorption in der Hornschicht, die nicht als reiner Filter aufgefaßt werden darf.
2. Die Absorption in der übrigen Epidermis mit Freisetzung von erythemwirksamen Stoffen, die in die Tiefe diffundieren.
3. Die Absorption in den gefäßführenden Anteilen der Haut mit einer direkten Wirkung der Strahlung auf die Gefäßwand. (TRONNIER und SCHNEIDER -44-)

Histologisch finden wir in Abhängigkeit von der Dosis eine von der Hautoberfläche zur Tiefe hin abnehmende Zellschädigung, wobei die Schädigungsgrenze stets parallel verläuft.
Bei leichten Formen liegt eine Zellschädigung mit Kernpyknose und Vakuolisierung in der obersten Epidermisschicht vor, bei stärkeren Erythemen ist die ganze Epidermis verändert mit blasiger Abhebung von der Unterlage. Durch langwelliges Licht (UV A) kommt es zur Schädigung der Cutis mit Ödem, Gefäßerweiterung und Leukozytenemigration (MIESCHER -28-).

Das UV - Erythem erscheint im Gegensatz zum Wärmeerythem, das unmittelbar nach der Bestrahlung auftritt, erst nach einer Latenzzeit von 1 - 3 Stunden (KIMMIG und WISKEMANN -19-) in Abhängigkeit von der eingestrahlten Dosis und der Wellenlänge (BACHEM -3-). Das Lichterythem steigt dann 5 - 9 Stunden nach der Bestrahlung bis zu einem Maximum an, um dann allmählich abzuklingen (SCHALL und ALIUS -34-).
Die zur Auslösung notwendige Energie nennt man Schwellendosis. Von dem Schwellenwert an steigert sich der Erythemgrad bis zu einem Sättigungsgrad. Die Steilheit des Anstiegs heißt Gradation (WUCHERPFENNIG -47-); sie ist von der Wellenlänge abhängig. Nach HAUSSER (1o) erhält man für kurzwelliges Licht eine flache Gradationskurve. Die Steigung der Kurve vergrößert sich mit zunehmender Wellenlänge.

Daher erreicht man bei einer Wellenlänge unter 28o nm nur ein leichtes Erythem. Liegt sie zwischen 29o und 32o nm, so steigert sich die Erythemstärke schnell mit wachsender Dosis. Wellenlängen über 32o nm lösen jedoch nur noch bei hoher Energie eine Hautreaktion aus(SAIDMAN -31-).

b. Pigment

Dem UV B - Erythem folgt nach 3 - 4 Tagen die indirekte Pigmentierung (SCHULZE -4o-) und als Antwort auf den Lichtreiz eine Verdickung der Epidermis, die sogenannte Lichtschwiele (MIESCHER -27-). Bei der indirekten Pigmentierung handelt es sich um eine Pigmentneubildung in den Dendritenzellen (SCHULZE -39-), die dann Wochen und Monate bestehen bleibt (BACHEM -3-).

Im Gegensatz dazu tritt die direkte Pigmentierung sofort im Anschluß an eine UV A-Bestrahlung auf mit einer in Abhängigkeit von der Dosis nur gering ansteigenden Verfärbung der Haut. Ihr Maximum liegt bei 34o nm (SCHULZE -39-).
Biochemisch findet hier eine Oxydation von bereits in den Basalzellen vorhandenen Melaninkörnchen statt (MIESCHER und MINDER -29-). Die direkte Pigmentierung kann sogar länger als ein Jahr andauern (BACHEM - 3 - und SCHULZE -39-).

c. Lichtempfindlichkeit

Die Lichtempfindlichkeit, d.h. die Eigenschaft der Haut auf einen Lichtreiz mit einem Erythem zu reagieren, ist individuell verschieden. Dabei bestehen regionäre Unterschiede, die eine direkte Beziehung zur Hornschichtdicke zeigen (TRONNIER und MERTEN -43-). Sie nimmt ab in der Reihenfolge Stamm - Abdomen, Rücken - obere und untere Extremität, und an den Extremitäten von proximal nach distal (SCHALL -33-, MIESCHER -27- und ELLINGER -7-).
Außerdem besteht eine gewisse Abhängigkeit vom Alter: eine Unterempfindlichkeit in der Pubertät, eine Steigerung der Empfindlichkeit bei den Erwachsenen mit einem Tiefpunkt bei 45 Jahren und dann ein langsamer Anstieg über 5o Jahren (SCHALL und ALIUS -34-, SAIDMAN -31- und ELLINGER -7-).

Blondhaarige sind oft empfindlicher als Dunkelhaarige, ein gesetzmäßiger Einfluß der Haut- und Irisfarbe konnte jedoch nicht ermittelt werden (ELLINGER -7- und SCHALL und ALIUS -34-). Im Frühjahr besteht eine maximale Empfindlichkeit mit Anstieg im März - April (ELLINGER -7-). Es kommt zur Lichtgewöhnung durch die Ausbildung der Lichtschwiele (MIESCHER -27-) und durch biochemische Gewöhnung (TRONNIER -41-).

3. Pathologische Lichtreaktionen der Haut - Lichtdermatosen

Lichtdermatosen können durch infrarotes und sichtbares Licht, vor allem aber durch UV A und UV B hervorgerufen werden.

Es wird hier nach der Einteilung von SCHÖNFELD und SCHNEIDER (35) eine kurze Übersicht über die Photoreaktionen der Haut mit den auslösenden Spektralbereichen gegeben.

I. Licht als einzige oder überwiegende Noxe:

1. phototraumatische Reaktionen
   Sie treten auf bei erhöhter Lichtdosis, normaler Hautempfindlichkeit und einerseits einmaliger UV-Überdosis - Dermatitis solaris - und andererseits langjähriger UV-Überdosis - Landmanns- und Seemannshaut.
   Die wirksamen Spektralbereiche sind UV B und UV A (?).

2. photodynamische Reaktionen
   Sie werden ausgelöst durch UV B und UV A im Beisein von Photosensibilisatoren, die bewirken, daß die Haut in einem Spektralbereich reaktionsfähig wird, in dem sie normalerweise nicht absorbiert (KUSKE -2o-).
   Man unterteilt sie in:
   a. phototoxische Reaktionen
   Sie werden bei normaler Lichtdosis und normaler Lichtempfindlichkeit verursacht durch veränderte Lichtabsorption z.B. durch Stoffe wie: Steinkohlenteer, Acridine, Eosin und Furocumarine.

b. photoallergische Reaktionen (EPSTEIN -8-)
Die Ursache ist eine Photoallergie, d.h. eine durch Licht induzierte Verbindung eines als Hapten wirkenden Stoffes mit einem Eiweiß zu einem Vollantigen und entsprechender Antikörperbildung. Sie werden hervorgerufen durch Sulfonamide bzw. Sulfanilamide (EPSTEIN -9-), Phenothiazine und optische Aufheller bei normaler Lichtdosis und normaler Lichtempfindlichkeit.

3. photoanaphylaktische Reaktionen - echte Lichtdermatosen
Sie werden ausgelöst durch eine normale Lichtdosis bei erhöhter Lichtempfindlichkeit gegenüber UV B, UV A und sichtbarem Licht.
Man unterscheidet folgende Formen:
a. photourtikariell - Lichturticaria
b. polymorph:
ekzematös - Lichtekzem
erythematös - erythematodesähnliche Lichtdermatose
pruriginös - Sommerprurigo
bullös-multiform - Frühlingsdermatitis der Kinder
degenerativ-epitheliomatös
- Xeroderma pigmentosum bei angeborener Lichtüberempfindlichkeit
- Porphyria erythropoetica, eine angeborene Porphyrinstoffwechselstörung
- Porphyria cutanea tarda bei Leberschaden

Die praktisch wichtigste Form aus der Gruppe der Porphyrien ist die Porphyria cutanea tarda. An ihr erkranken vorwiegend Männer zwischen 5o und 6o Jahren, bei denen ein Leberschaden vorliegt. Sie tritt besonders bei Sonnenbestrahlung im Frühjahr auf. Charakteristisch sind Blasen mit wasserklarem oder blutigem Inhalt v.a. an lichtexponierten Stellen wie Nacken, Gesicht und Handrücken. Nach Abheilen der Blasen bleiben de- und hyperpigmentierte Narben zurück. Der Urin ist rot gefärbt und enthält Koproporphyrin III, Uroporphyrin I und III, jedoch kein Porphobilinogen (IPPEN -16-).

II. Licht als zusätzliche Noxe

Hier sollen nur einige Krankheiten als Beispiele mit ihren auslösenden Spektralbereichen aufgezählt werden.

1. photoprovozierte Reaktionen

Virusinfektion - Herpes solaris	- UV B
Immunallergie - Erythema exsudativum multiforme	- UV B
- Psoriasis vulgaris	- UV B (UV A?)

2. photosummierende Reaktionen

Virusinfektion - Variola	- UV B (UV A?)
Nikotinsäuremangel - Pellagra	- UV B (UV A?)
Mangelernährung - Kriegsmelanose	- UV B (UV A?)
exogen und idiopathisch - lichtprovoziertes seborrhoisches Ekzem	- UV B

3. photosummierende und -provozierte Reaktionen

Erythematodes	- UV B (UV A?)

Die Lichtreaktionen an der Haut sind also insgesamt abhängig von der eingestrahlten Dosis, der Hautempfindlichkeit und dem Spektralbereich.

III. Erythemmessungen

Da das Erythem die wichtigste Reaktion der Haut auf eine Lichteinwirkung ist, benutzt man Erythemmessungen zur Beurteilung der Lichtempfindlichkeit der Haut.

1. Methoden

Das Erythem kann auf 2 Arten gemessen werden:

a. Messung der Hauttemperatur:
   Die Hauttemperatur steigt nur wenig an und ist daher nicht sicher zu beurteilen (LANGEN -21- und LUBOLDT -23-).

b. Messung der Hautfarbe:
   aa) Bestimmung des Erythemgrades
   Sie erfolgt meist remissionsphotometrisch (HEITE und WEBER -11- und TRONNIER -42-).
   bb) Bestimmung der Erythemschwelle
   Dieses Verfahren ist einfach durchführbar und erfordert keine aufwendigen Geräte. Es benötigt gegenüber der Messung des Einzelerythems mehr Zeit und einen größeren Hautbezirk. Es hat zudem den Nachteil einer subjektiven Schwellenwertbestimmung und einer durch den Dosiszuwachs festgelegten Unterteilung (TRONNIER und SCHNEIDER -44-). Die subjektive Festlegung des Erythemschwellenwertes genügt jedoch allen praktischen Anforderungen; denn Ablesungshilfen, z.B. Reflexionsmesser, verbessern die Ergebnisse nicht (HENSCHKE und SCHULZE -12-).
   Zur Bestimmung der Erythemschwelle werden dicht nebeneinander liegende Hautfelder mit verschiedener Dosis bestrahlt. Der Dosiszuwachs kann geometrisch um 2o - 4o %, in besonderen Fällen auch arithmetisch erfolgen (HENSCHKE und SCHULZE -12-).

2. Definition der Erythemschwelle

Nach WUCHERPFENNIG (47) wird als Erythemschwelle das Erythem bezeichnet, das durch die geringste Dosis hervorgerufen wird. Das Feld muß gerade noch gegen die Umgebung abgrenzbar sein und durch eine Dosis erzeugt werden, die 2o % größer ist als die des vorhergehenden nicht mehr sichtbaren Feldes. Die Ablesung soll bei Tageslicht im gut erwärmten Zimmer nach 7 - 24 Stunden erfolgen. Im allgemeinen ist der 7-Stundenwert höher und besser ablesbar als der 24-Stundenwert.

IV. Bisherige Methoden zur Bestimmung der Lichtempfindlichkeit

1. Sonnenlicht

Untersuchungen mit dem Sonnenlicht liegen unter anderem von LANGEN (21) und HENSCHKE und SCHULZE (13, 14) vor. Die Bestrahlungsstärke der Sonne, und somit die Erythemschwellenzeit, ist aber von zahlreichen regionalen und klimatischen Faktoren abhängig (MEYER und SEITZ -26-), sodaß das Sonnenlicht für vergleichende Untersuchungen wenig geeignet ist.

2. Quecksilberlampen

Die bisher meist verwendeten Bestrahlungslampen sind Quecksilberlampen; ihr Spektrum besteht aus einem schwachen Kontinuum und einem ausgeprägten Linienspektrum (MEYER und SEITZ -26-).
Zur Bestimmung der UV B-Empfindlichkeit wird heute fast ausschließlich die Ultravitaluxlampe zusammen mit der Sektorentreppe nach WUCHERPFENNIG (48) verwendet.
Es wird z.B. am oberen Rücken aus 3ocm Entfernung unter senkrechtem Lichteinfall 4 min lang bestrahlt, und nach 24 Stunden wird die Erythemschwelle abgelesen (JANNS -17-).
Eine weitere häufig für diagnostische Zwecke benützte Lampe ist die wassergekühlte Kromayerlampe. Hier können verschiedene Filter zusätzlich verwendet werden, und entsprechend wird die Lichtempfindlichkeit gegenüber UV B und UV A gemessen. Zweckmäßigerweise bestrahlt man am Oberschenkel, mit dem Filter WG 5 1,5 min und mit WG 3 1o min. Aus den Reflexionsunterschieden zwischen bestrahlter und unbestrahlter Haut kann man auf die Lichtempfindlichkeit schließen.(JANNS -17-).

3. Xenonlampe nach JUNG

JUNG beschrieb 1967 eine günstige Xenonlampe zum Nachweis von Photoallergien (18).
Er bestrahlt am "Gesäß seitlich" mit ungefiltertem Licht unter Ausschaltung des Reflexspiegels und erhält nach 7 und 24 Stunden Erythemschwellenzeiten von 1o - 2o sec.

V. Eigene Untersuchungen

1. Bestrahlungslampe und Filter

Das hier verwendete Gerät wurde im Prinzip schon von JUNG (18) beschrieben. Es besteht aus dem Lampenhaus 25o des UV-Mikroskops mit Quarzkollektor, Vorschaltgerät und dem Osramxenonbrenner XBO 15o W. Am Lichtaustrittsfenster ist ein konischer 7 cm langer Tubus angebracht, dessen vordere Öffnung von 1 cm Durchmesser auf die Teststelle gesetzt wird. Der konstante Haut-Brenner-Abstand beträgt 19 cm. Bei Einhaltung dieses Abstandes ergab sich in Vorversuchen mit gefiltertem Licht kein gleichmäßig ausgeleuchtetes Bestrahlungsfeld. Nach längerer Bestrahlungszeit äußerten die Patienten stechende Schmerzen, und z.T. traten nach der Bestrahlung Blasen auf. Daher wurde dieser Haut-Brenner-Abstand durch Aufsetzen eines Röhrchens auf 21 cm vergrößert, sodaß man jetzt ein gleichmäßig ausgeleuchtetes Feld erhält.

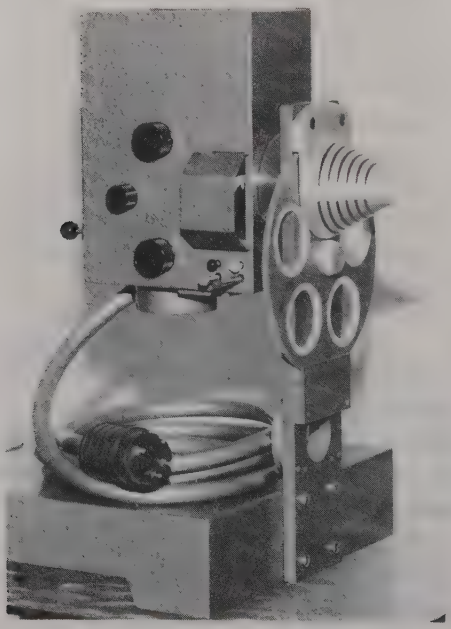

Abb. 1
Bestrahlungslampe

Zwischen dem Lampenhaus und dem Tubus wurde noch eine rotierbare Scheibe zur Aufnahme der verschiedenen Filter angebracht. Der Tubus erhielt außerdem halbkreisförmige Einschnitte zur Kühlung.

Zur Bestrahlung wird der Kollektor so eingestellt, daß man in der Ferne eine scharfe Abbildung vom Kathodenbrennfleck und dessen Spiegelbild erhält. Dazu dreht man den obersten Knopf, vgl. Abb. 1, ganz nach links. Durch Schwenken des Zentrierhebels (linker Hebel in Abb. 1) wird der Reflektor bei der Bestrahlung mit ungefiltertem Licht ausgeschaltet. Mit den vier kleinen Knöpfen können ein Wärmeschutzfilter, eine große und eine kleine Lochblende und eine Vollblende zwischengeschaltet werden. In den Versuchen wurde die Vollblende zur Unterbrechung des Lichtstrahls benutzt; die Lochblenden und der Wärmeschutzfilter wurden nicht verwendet, da in Vorversuchen die Bestrahlungszeiten infolge einer Schwächung der Lichtintensität erheblich verlängert wurden.

Die Lampe kann ohne Einbrennzeit sofort in Betrieb genommen werden. Sie ist auch unmittelbar nach dem Ausschalten wieder zündungsbereit und brennt auch dann mit vollen Betriebsdaten. Die mittlere Lebensdauer des Brenners beträgt 1200 Stunden (22). Bei Untersuchungen ist jedoch die Alterung der Lampe zu beachten.

Die Xenonlampe weist praktisch ein kontinuierliches Spektrum auf im sichtbaren sowie im mittleren und langwelligen UV-Bereich. (vgl. Abb. 2).

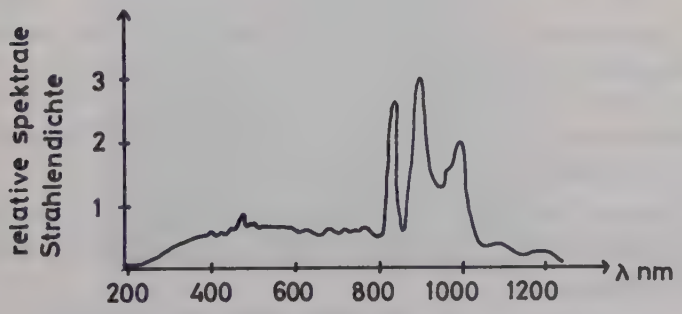

Abb. 2: Spektrale Verteilungskurve des Xenonbrenners (22)

Um das Spektrum in die einzelnen Spektralbereiche aufzuteilen, wurden Filter der Firma Schott & Gen. in den Strahlengang einschaltbar in einer drehbaren Scheibe vorgesehen, und zwar die Filter WG 5, WG 3, WG 1 und GG 14, mit einer Dicke von 2 mm. Ungefähre "Kantenlagen" der Filter nach Angaben der Firma Schott (36):

WG 5	3o5 nm	= UV B
WG 3	335 nm	= UV A
WG 1	365 nm	= UV A
GG 14	495 nm	= sichtbares Licht

2. Versuchsablauf

Die Versuchspersonen werden in der lateralen Glutaealgegend bestrahlt; dabei können sie bei den insgesamt langen Bestrahlungszeiten eine relativ bequeme Lage einnehmen. Außerdem ist dieses Hautareal kaum jemals vorbestrahlt.
Mit einem Stempel werden die Bestrahlungsfelder im Abstand von 5 mm eingezeichnet. Auf diese wird der Tubus der Bestrahlungslampe ohne Druck so aufgesetzt, daß das Licht senkrecht auf die zu bestrahlenden Felder auftrifft.
Für jeden Filter wird eine Bestrahlungstreppe von 5 Feldern angelegt. Der Dosiszuwachs verläuft geometrisch und beträgt 2o %, die Ablesegenauigkeit von +/- 1o % ist dann stets gleich. Es ergeben sich daher folgende Bestrahlungszeiten für die Filter:

WG 5	1oo	12o	15o	18o	22o	sec
WG 3	5	6	7	8,5	1o	min
WG 1	7	8,5	1o	12	15	min
GG 14	25	3o	36	42	5o	min

Bei der Bestrahlung ohne Filter wird wegen der allzu kurzen Belichtungszeiten teils arithmetisch, teils geometrisch gesteigert: o.F. 1 2 3 4 5 6 7 8,5 1o 12 sec
Diese Zeiten sind in Vorversuchen aus Gründen des Versuchsablaufs als günstig ermittelt worden.

Nach 24 Stunden wird die Erythemschwelle nach den Kriterien von WUCHERPFENNIG (47) bestimmt, und zwar immer bei gleicher Raumbeleuchtung.

Sind alle Felder gerötet, so müssen weitere in absteigender Reihe bestrahlt werden; ist keines der Felder gerötet, so in aufsteigender Reihe.
Bei Verdacht auf eine starke Überempfindlichkeit, z.B. bei einer Porphyria cutanea tarda, beginnt man mit 1/2 oder 1/3 der durchschnittlichen Schwellenwerte.

3. Versuchsergebnisse und ihre Auswertung:

Bei einer Gruppe von 31 Probanden, 5 Frauen und 26 Männer, im Alter von 16 bis 65 Jahren wurde die individuelle Erythemschwellenzeit für ungefiltertes Licht, UV B, UV A und sichtbares Licht der Xenonlampe XBO 15o W bestimmt. Alle Erythemschwellenzeiten werden in der Tab. 1 aufgeführt.
Das Ergebnis eines Einzelversuchs (Patient Nr. 21) ist in der folgenden Abbildung 3 dargestellt.

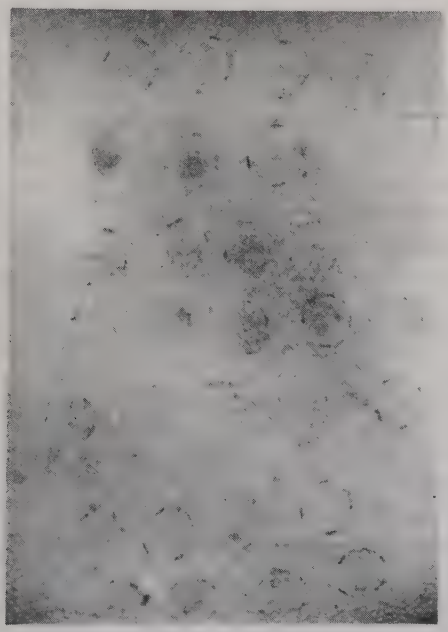

Abb. 3: Ergebnis bei Versuchsperson 21

Tabelle 1: Erythemschwellenzeiten der untersuchten Probanden (n = 31)

Versuchsperson (Vp)	Erythemschwellenzeiten in sec (") bzw.min (') ohne Filter	Filter WG 5	WG 3	WG 1	GG 14
1. M.S. m. 23 J. gesund	3"	12o"	7'	8,5'	42'
2. H.O. w. 28 J. gesund	2"	1oo"	7'	12'	5o'
3. U.N. w. 25 J. lichtempfindlich ?	4"	12o"	1o'	12'	42'
4. C.L. w. 28 J. lichtempfindlich ?	4"	12o"	6'	8,5'	>3o'
5. O.R. m. 2o J. Urticaria	3"	15o"	8,5'	1o'	36'
6. G.S. m. 31 J. Druckurticaria	4"	12o"	7'	1o'	>3o'
7. M.L. m. 45 J. Pruritus	4"	12o"	7'	12'	42'
8. C.S. m. 56 J. Ulcus cruris	3"	1oo"	7'	1o'	3o'
9. M.E. m. 3o J. Ulcus cruris	2"	15o"	8,5'	12'	>3o'
1o.F.D. m. 58 J. sek. Varikose	8,5"	22o"	8,5'	8,5'	25'
11.K.A. m. 31 J. Varikose	3"	18o"	6'	1o'	>4o'
12.A.B. m. 58 J. Varikose	4"	12o"	7'	15'	5o'
13.G.L. m. 65 J. Trichophytie	3"	15o"	7'	1o'	>5o'
14.J.B. m. 2o J. Superinfektion	6"	12o"	7'	1o'	22'?
15.G.B. m. 33 J. Morbus Boeck	4"	18o"	7'	8,5'	25'

Versuchsperson (Vp)	Erythemschwellenzeiten in sec (") bzw.min (') ohne Filter	Filter WG 5	WG 3	WG 1	GG 14
16.P.G. m. 18 J. dyshidrot. Ekzem	7"	18o"	8,5'	15'	36'
17.W.S. m. 38 J. Kontaktekzem	3"	15o"	8,5'	12'	36'
18.A.P. m. 57 J. endogenes Ekzem	4"	12o"	6'	8,5'	3o'
19.M.W. w. 16 J. Akne vulgaris	5"	12o"	8,5'	15'	42'
2o.P.H. m. 17 J. Akne vulgaris	4"	15o"	8,5'	15'	5o'
21.H.K. m. 17 J. Akne vulgaris	5"	18o"	6'	7'	3o'
22.S.K. m. 23 J. Keloidakne	3"	12o"	8,5'	18'	42'
23.J.S. m. 23 J. Akne conglobata	5"	15o"	7'	1o'	36'
24.A.K. m. 29 J. Akne conglobata	8,5"	18o"	5'	6'	36'
25.K.E. w. 45 J. Rosacea	1"	35"	7'	1o'	42'
26.M.S. m. 37 J. Rosacea	8,5"	18o"	8,5'	15'	3o'
27.J.H. m. 59 J. Psoriasis ?	7"	15o"	8,5'	12'	22'?
28.K.V. m. 26 J. Psoriasis	5"	18o"	7'	8,5'	42'
29.G.S. m. 36 J. Psoriasis	1"	7o"	5'	8,5'	5o'
3o.M.E. m. 53 J. seborrh. Ekzem	1"	1oo"	8,5'	12'	36'
31.A.S. m. 6o J. Porphyria c. t.	4"	6o"	2,1'	2,5'	5'

Aus diesen individuellen Erythemschwellenzeiten läßt sich ein Durchschnittswert errechnen, der als mittlere Erythemschwellendosis angenommen wird. Er beträgt:

ohne Filter (o.F.)	4,2 sec	-	4 sec
Filter WG 5	143,9 sec	-	15o sec
WG 3	7,4 min	-	7 min
WG 1	1o,8 min	-	1o min
GG 14	38,4 min	-	4o min

Um die Versuchsergebnisse im Einzelfall im Verhältnis zu diesen Mittelwerten graphisch darzustellen, wurde folgendes Schema entwickelt (Abb. 4):

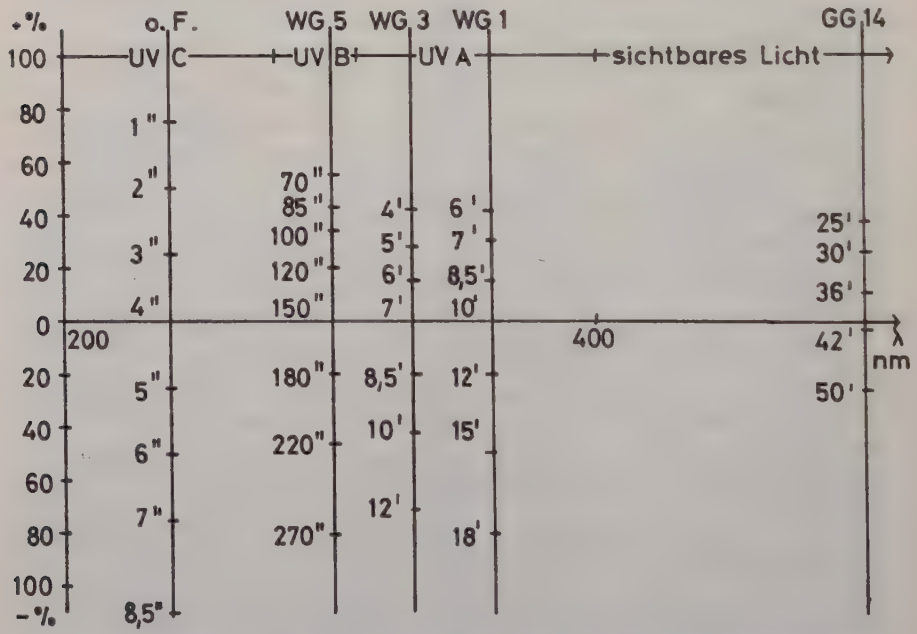

Abb. 4: Schema zur Aufstellung der individuellen spektralen Lichtempfindlichkeitskurve

In diesem Schema werden die einzelnen Filter als Parallelen zur Y-Achse in ihren "Kantenlagen" im UV B, UV A und sichtbaren Bereich dargestellt; die Parallele, die das ungefilterte

Licht symbolisiert, kann dabei beliebig im kurzwelligen Bereich angenommen werden. Auf diesen Geraden wird die errechnete mittlere Erythemschwellenzeit jeweils auf der X-Achse festgelegt. Die einzelnen Bestrahlungszeiten t nach der geometrischen Steigerung von 2o % werden in x % des Mittelwerts m ausgedrückt: $x = \frac{t \cdot 1oo}{m}$ % und auf den Geraden aufgetragen, die niedrigeren Werte als (1oo-x)% nach + und die höheren als (x-1oo)% nach -.
Verbindet man die individuellen Schwellenwerte miteinander, so erhält man eine individuelle Lichtempfindlichkeitskurve, aus der leicht die Abweichung von der mittleren Erythemschwellenzeit in % abzulesen ist. Dabei bedeuten +% eine Erhöhung, -% eine Erniedrigung der Lichtempfindlichkeit.

Graphische Darstellung der Versuchsergebnisse:

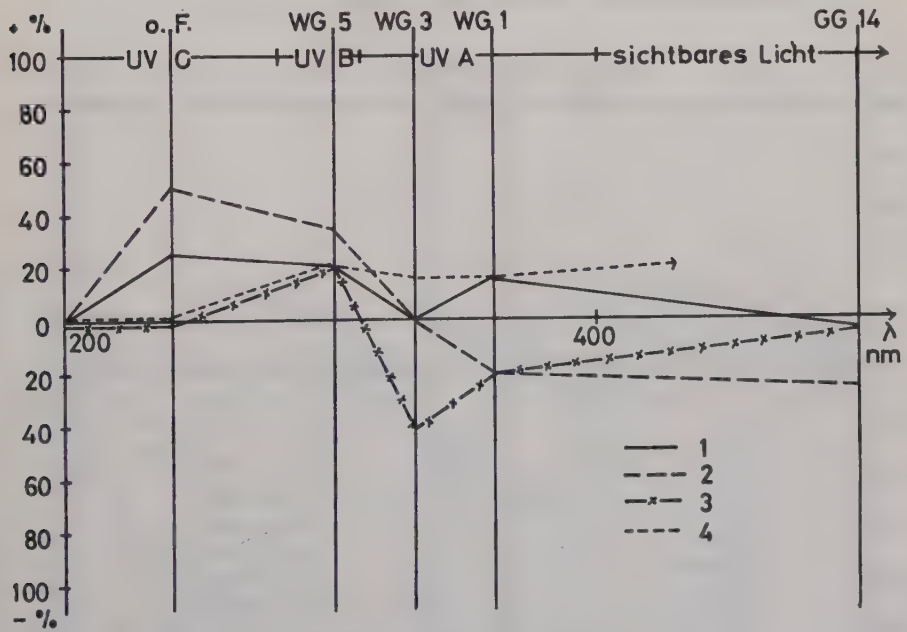

Abb. 5: Lichtempfindlichkeitskurven der Vp 1, 2, 3,4

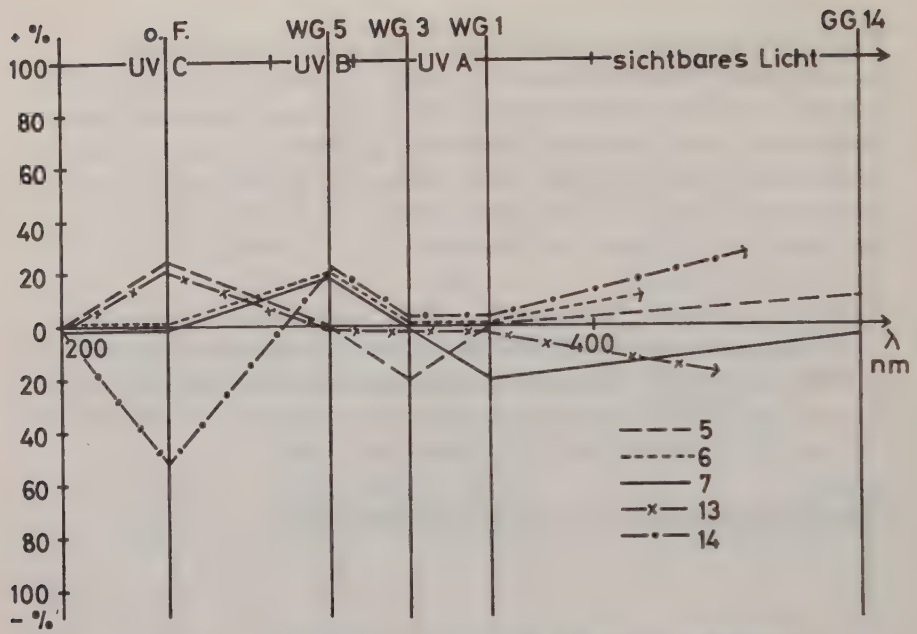

Abb. 6: Lichtempfindlichkeitskurven der Vp 5,6,7,13,14

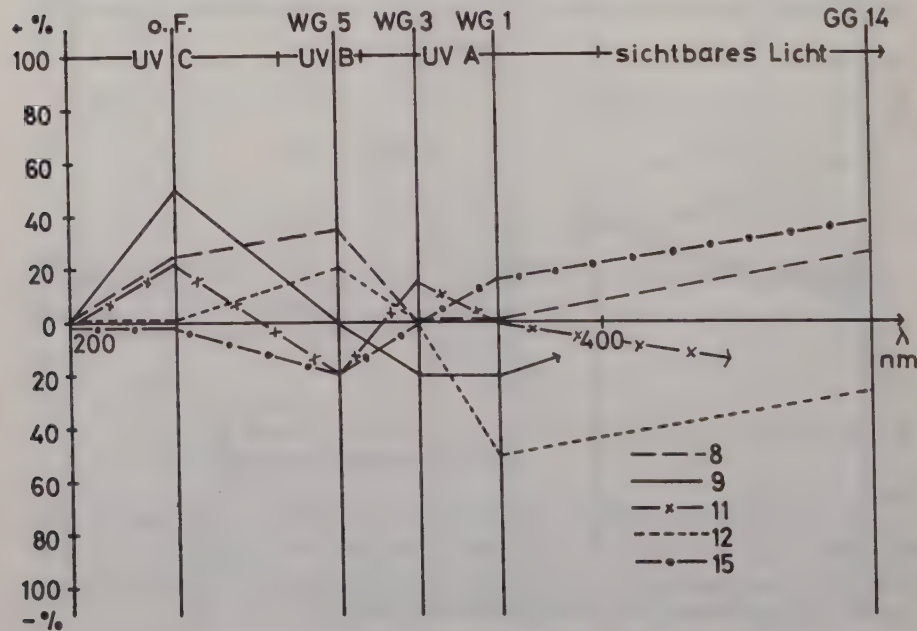

Abb. 7: Lichtempfindlichkeitskurven der Vp 8,9,11,12,15

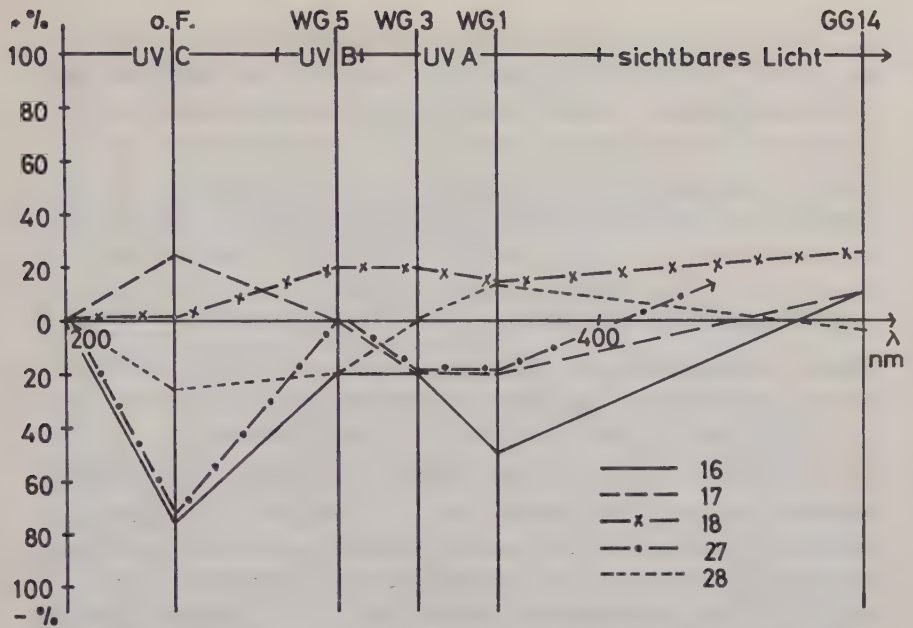

Abb. 8: Lichtempfindlichkeitskurven der Vp 16,17,18,27,28

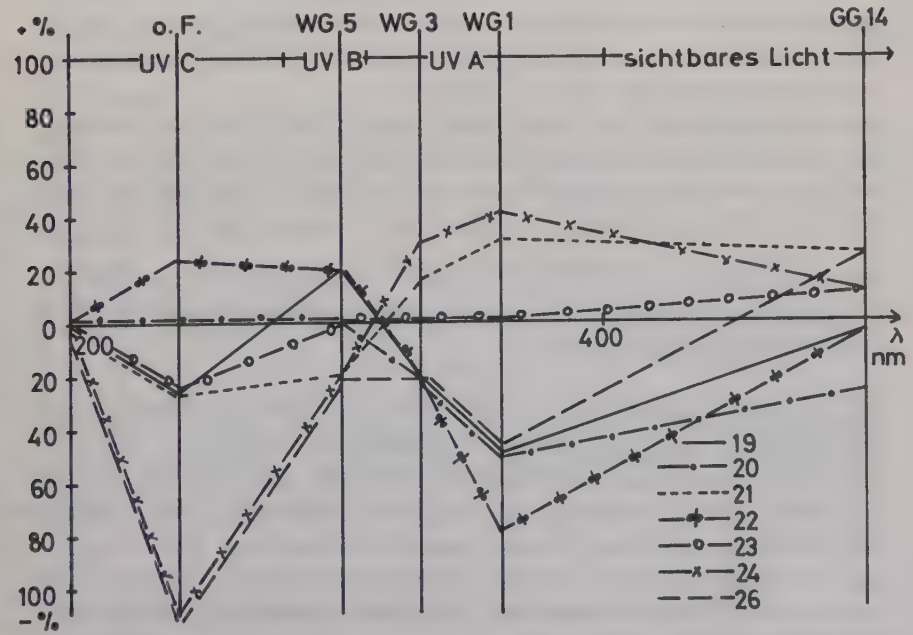

Abb. 9: Lichtempfindlichkeitskurven der Vp 19,2o,21,22,23,24,26

Bei der Betrachtung der Lichtempfindlichkeitskurven (Vgl. Abb. 5, 6, 7, 8, 9) fällt zunächst auf, daß die Hautempfindlichkeit gegenüber Licht verschiedener Wellenlängen recht unterschiedlich sein kann.

Einige Probanden zeigen nur geringe Abweichungen von den errechneten mittleren Erythemschwellenzeiten von +/- 2o %, z.B. die Versuchspersonen 1, 5, 6, 11, 15, 18, 23. Bei anderen finden wir größere Abweichungen, teilweise sogar bis zu 1oo % (Vp. 24 und 26).

Manche Versuchspersonen haben eine meist nur gering erhöhte Lichtempfindlichkeit gegenüber Licht sämtlicher Wellenlängen (Vp. 4 und 18), andere wiederum eine verminderte (Vp. 16, 26).

In der Mehrzahl der Fälle ist jedoch die Hautempfindlichkeit gegenüber einzelne Wellenbereiche z.T. erhöht, z.T. herabgesetzt. So finden wir z.B. bei der Versuchsperson 2 eine starke Erhöhung der Lichtempfindlichkeit für ungefiltertes Licht und UV B, eine Herabsetzung dagegen für UV A. Dieses Verhalten stellt man außerdem bei den Versuchspersonen 3, 7, 9, 12, 17 und 22 fest. Es kann ebenso ein umgekehrtes Verhalten vorliegen, nämlich eine stark erniedrigte Hautempfindlichkeit gegenüber kurzwelligem Licht und eine Empfindlichkeitssteigerung im UV A-Bereich (Vp. 14, 21, 24, 28).
Diese beiden Typen der Lichtempfindlichkeitskurven schneiden sich auf Grund dieser Reaktionen meist beim Übergang von UV B zu UV A. Ganz extrem ist dieses Verhalten bei der Gruppe der Seborrhoiker zu beobachten (Vgl. Abb. 9, v.a. bei Vp. 22 und 24).

Die Reaktion gegenüber dem sichtbaren Licht spielt normalerweise eine geringe Rolle. Sie ist nur wichtig bei der Betrachtung pathologischer Fälle.

Bei den Versuchspersonen 3 und 4 bestand auf Grund der Anamnese der Verdacht auf eine erhöhte Lichtempfindlichkeit.
Die Probandin 3 gab eine verstärkte Lichtreaktion einige Stunden nach Sonneneinwirkung mit leichtem Anschwellen der bestrahlten Partien an. Diese Erscheinungen verschwanden jedoch bis zum nächsten Morgen. Und bei der Versuchsperson 4 wurden nach intensiver Sonnenbestrahlung im Sommer wiederholt Hautveränderungen im Sinne einer Lichturticaria beobachtet.

In beiden Fällen hatten bisherige Untersuchungen mit der Ultravitaluxlampe (UV B) und der Kromayerlampe (UV A) keine verstärkte Lichtempfindlichkeit angezeigt. Auch 24 Stunden nach der Bestrahlung mit der Xenonlampe ergaben sich Werte, die eine "noch normale" Lichtempfindlichkeit bedeuten. Deshalb wurden bei diesen beiden Versuchspersonen die 7- und 24-Stundenwerte verglichen (Tab. 2).

Tabelle 2: Erythemschwellenzeiten der Versuchspersonen 3 und 4 nach 7 und 24 Stunden

		Erythemschwellenzeiten in sec (") bzw. min(')				
		ohne	Filter			
	nach	Filter	WG 5	WG 3	WG 1	GG 14
Vp 3	7 h	3"	7o"	7'	12'	42'
	24 h	4"	12o"	1o'	15'	42'
Vp 4	7 h	2"	1oo"	5'	8,5'	>3o'
	24 h	4"	12o"	6'	8,5'	>3o'

Die graphische Darstellung zeigt Abbildung 1o.

Bei der Versuchsperson 3 besteht zwischen den 7- und 24-Stundenwerten ein Empfindlichkeitsunterschied von 2o - 4o % . Im UV B-Bereich steigt der 7-Stundenwert bis über + 5o % an und fällt dann im UV A-Bereich nahezu parallel mit den 24-Stundenwerten unter den Durchschnittswert. Anhand dieser Lichtempfindlichkeitskurven kann man vermuten, daß bei dieser Probandin eine kurzzeitig erhöhte Lichtempfindlichkeit gegenüber UV B vorliegt, während sie im UV A-Bereich eher erniedrigt ist. Dagegen unterscheiden sich die 7- und 24-Stundenwerte bei der Versuchsperson 4 nur stark bei ungefiltertem Licht, im UV B und UV A ist die Differenz gering, für längerwelliges UV A gleich O. Auffällig ist jedoch, daß sämtliche Werte oberhalb der mittleren Schwellendosis liegen, sodaß man für alle Wellenlängen eine, wenn auch nur gering erhöhte Lichtempfindlichkeit ablesen kann.

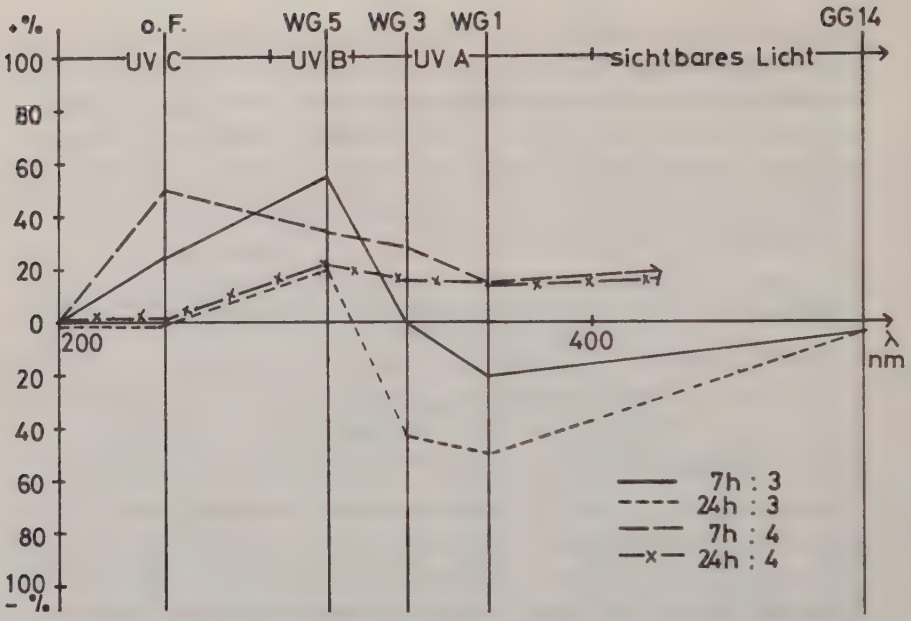

Abb. 1o: Lichtempfindlichkeit nach 7 und 24 Stunden bei Vp 3,4

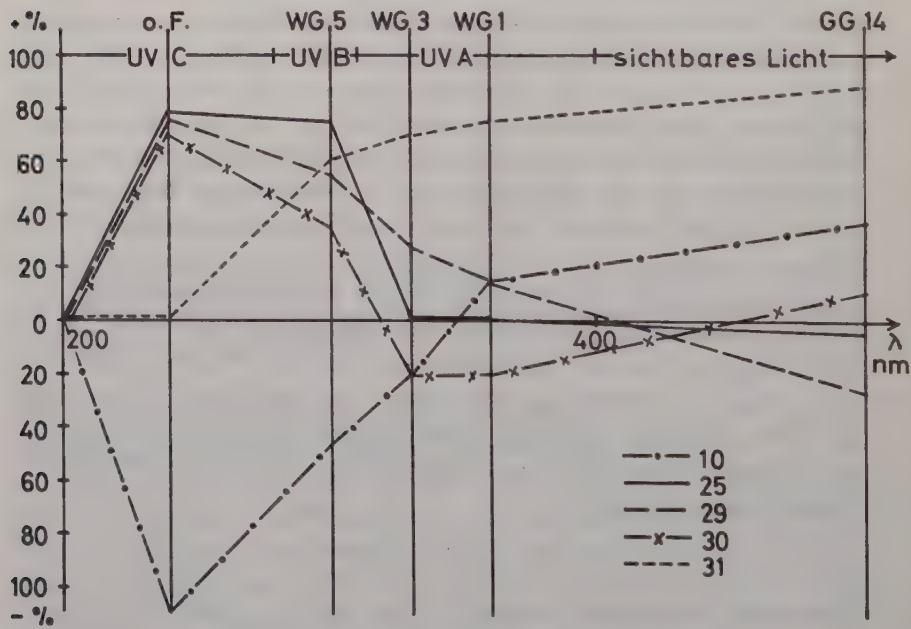

Abb. 11: Lichtempfindlichkeitskurven der Vp 1o,25,29,3o,31

Betrachtung der pathologischen Fälle (Vgl. Abb. 11):

a. Ein Patient mit einer Porphyria cutanea tarda (Vp. 31) zeigte die typischen Hautveränderungen dieses Krankheitsbildes. Die Porphyrinprobe im Urin war positiv.
Die Lichtempfindlichkeitskurve zeigt eine deutliche Erhöhung der Lichtempfindlichkeit im UV B - übereinstimmend mit den Ergebnissen der Lichttreppe - und eine besonders starke Erhöhung bei UV A und sichtbarem Licht.

b. Die Lichtempfindlichkeitskurve der Versuchsperson 1o weist jedoch eher einen Verlauf auf, der bei einer Porphyria cutanea tarda zu erwarten wäre, nämlich eine Herabsetzung der Lichtempfindlichkeit gegenüber ungefiltertem Licht und UV B und eine Steigerung im UV A und sichtbaren Bereich.
Außerdem traten bei dem Patienten einige Stunden nach der Bestrahlung mit dem Filter WG 1, also längerwelligem UV A, bei Bestrahlungszeiten von 1o und 12 min große, dem bestrahlten Feld entsprechende, mit seröser Flüssigkeit gefüllte Blasen auf, die nach einigen Tagen unter Narbenbildung abheilten. Mit UV A kann man aber die Haut normalerweise längere Zeit bestrahlen, wobei höchstens eine leichte Rötung und Sofortpigmentierung auftritt (BURCKHARDT -5-). Eine solch kräftige blasige Reaktion in diesem Bereich wie bei dem Patienten ist also immer pathologisch. Diese Reaktion und der Verlauf der Lichtempfindlichkeitskurve lassen trotz des negativen Ergebnisses der Porphyrinprobe im Urin in diesem Fall an eine Porphyria cutanea tarda denken.

c. Bei einer Versuchsperson mit Rosacea (Vp. 25) fiel eine deutliche Erhöhung der Lichtempfindlichkeit für ungefiltertes Licht und UV B auf, während für UV A und sichtbares Licht völlig "normale" Werte ermittelt wurden. Eine vergleichende Erythemschwellenbestimmung mit der Ultravitaluxlampe ergab ebenfalls eine starke Empfindlichkeitssteigerung im UV B.
In diesem Fall lag also eine reine UV B-Überempfindlichkeit vor.

d. Eine UV B-Überempfindlichkeit fanden wir auch bei dem Patienten 29, einem Psoriatiker, der eine verstärkte Hautreaktion nach Sonnenbestrahlung angab. Die Lichtempfindlichkeitskurve zeigte wie bei Vp. 25 eine Erhöhung der Lichtempfindlichkeit gegenüber ungefiltertem Licht und UV B, allerdings auch eine geringe Erhöhung auf UV A.

e. Ein Patient mit einem seborrhoischen Ekzem (Vp. 3o) wies eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber ungefiltertem Licht und eine weniger stark erhöhte bei UV B auf, während sie im UV A-Bereich gering erniedrigt war. Die Empfindlichkeitssteigerung im kurzwelligen Bereich und die Tatsache, daß der Patient in seinem Beruf als Zimmermann häufiger Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist, deuten darauf hin, daß es sich hier um ein "lichtprovoziertes" seborrhoisches Ekzem gehandelt hat.

Auf Grund der anamnestischen Angaben und Krankenbefunde, sowie vergleichender Untersuchungen nach den bisherigen Methoden kann das Untersuchungsgut in eine Gruppe mit einer "normalen" und in eine weitere mit einer von der "Norm" abweichenden Lichtempfindlichkeit eingeteilt werden. Der Verlauf der einzelnen Lichtempfindlichkeitskurven bestätigt diese Unterteilung, wobei Abweichungen von der mittleren Erythemschwellenzeit von +/- 4o % als "noch normal" bezeichnet werden können. Alle größeren Abweichungen sind als pathologisch zu betrachten.

VI. Diskussion

Mit Hilfe der beschriebenen Bestrahlungsmethode unter Verwendung des Xenonbrenners XBO 15o W lassen sich mit Schottfiltern die einzelnen Spektralbereiche in ihrer Wirkung an der Haut getrennt prüfen,und die Lichtempfindlichkeit für diese Wellenlängen wird in einer spektralen Lichtempfindlichkeitskurve dargestellt.

Mit der Ultravitaluxlampe und der Sektorentreppe (48) war es bisher nur möglich, die UV B-Empfindlichkeit zu prüfen. An der Auslösung von Lichtdermatosen ist jedoch auch häufig längerwelliges Licht beteiligt. Unter Berücksichtigung des Hg-Linienspektrums konnte bei der Kromayerlampe mit einigen Filtern eine Prüfung im UV B und UV A erfolgen.
Mit der modifizierten Xenonlampe nach JUNG - JUNG (18) selbst berichtet nur über Untersuchungen mit ungefiltertem Licht – läßt sich durch das kontinuierliche Spektrum die Untersuchung auch auf Bereiche ausdehnen, die mit den bisherigen Methoden nicht isoliert zu erfassen waren. Denn die verwendeten Filter trennen das Licht in die für die Versuche wichtigen Spektralbereiche, d.h. in UV B, UV A und sichtbares Licht.

Außerdem erhält man mit dieser Bestrahlungsmethode eine genauere Abstufung der Lichtempfindlichkeit als bisher. So zeigte sich z.B. bei der Versuchsperson 4 eine, wenn auch nur gering erhöhte Lichtempfindlichkeit, während man mit den bisherigen Methoden keine Abweichung von der "Norm" feststellen konnte.

Um Vergleichswerte für die Auswertung der Einzelergebnisse zu erhalten, wurde an einer größeren Personenzahl in den einzelnen Spektralbereichen bei einem Dosiszuwachs von 2o% die mittlere Erythemschwellenzeit festgelegt. Bei Verwendung von ungefiltertem Licht erhielt man einen Durchschnittswert von 4 sec. JUNG (18) ermittelte mit der gleichen Lampe am gleichen Bestrahlungsort Werte von 1o - 2o sec. Die höheren Ergebnisse sind wohl auf eine Alterung der Lampe oder auch auf einen gröberen Dosiszuwachs zurückzuführen.
Für die einzelnen Filter ergaben sich folgende mittlere Erythemschwellenzeiten: WG 5 15o sec, WG 3 7 min, WG 1 1o min und GG 14 4o min.

Die individuellen Abweichungen vom Durchschnittswert lassen sich in Prozenten ermitteln. Dazu werden die einzelnen Lichtempfindlichkeitskurven in dem in dieser Arbeit entwickelten Schema eingezeichnet. Es ergeben sich dabei typische Kurven:

a. UV A-Empfindlichkeit bei einer Porphyria cutanea tarda

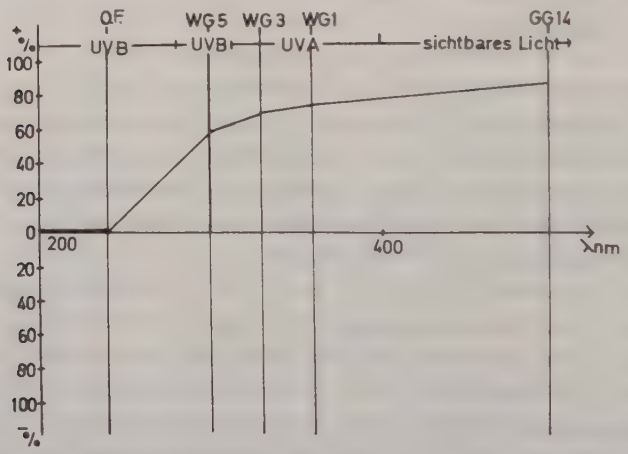

Abb. 12: Lichtempfindlichkeitskurve der Vp. 31

b. Typischer für eine Porphyrie wäre wegen der gleichzeitig verminderten UV B-Empfindlichkeit folgende Kurve:
UV A-Empfindlichkeit und stark verminderte UV B-Reaktion

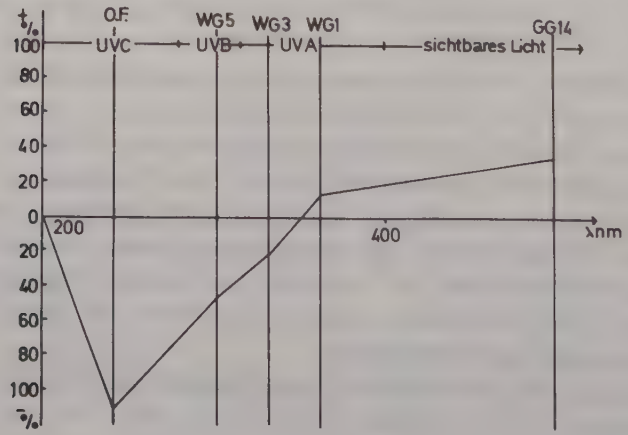

Abb. 13 Lichtempfindlichkeitskurve der Vp. 1o

c. Reine UV B-Überempfindlichkeit

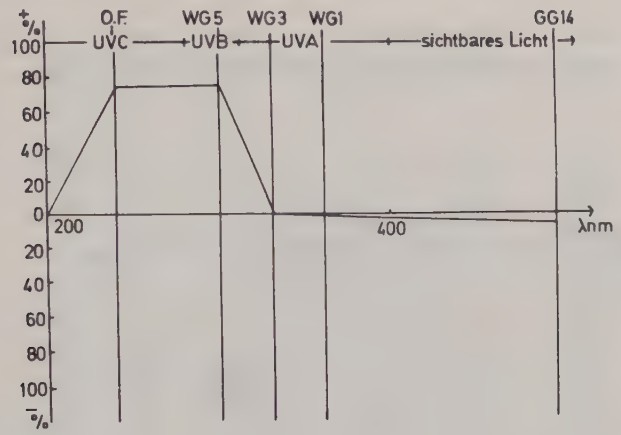

Abb. 14: Lichtempfindlichkeitskurve der Vp. 25

d. UV B-Empfindlichkeit mit gleichzeitiger Abnahme der UV A-Reaktion bei einem Fall mit lichtprovoziertem seborrhoischem Ekzem.

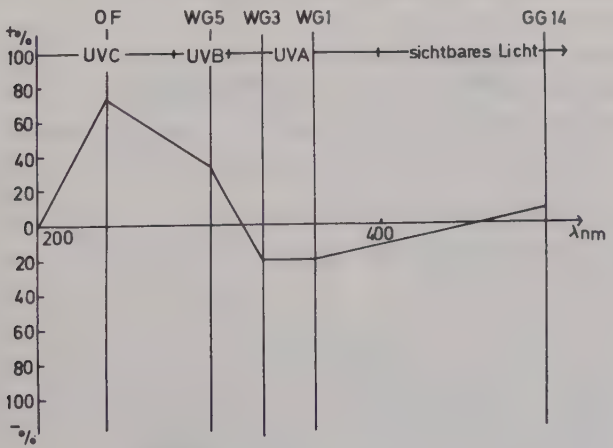

Abb. 15: Lichtempfindlichkeitskurve der Vp. 3o

e. Kurzfristige UV B-Überempfindlichkeit mit einem Maximum nach 7 Stunden.

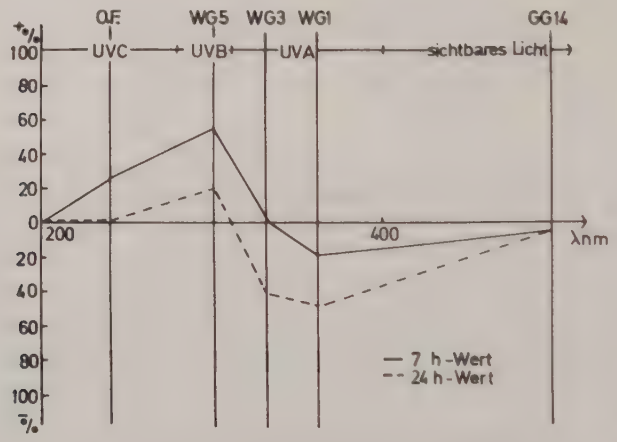

Abb. 16: Lichtempfindlichkeitskurven der Vp. 3

f. Lichtempfindlichkeitssteigerung in einem Bereich und eine Herabsetzung der Empfindlichkeit in einem anderen.
(2 extreme Fälle aus der Seborrhoikergruppe)

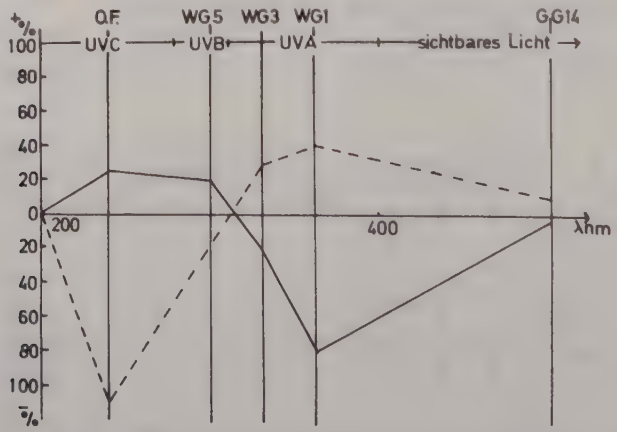

Abb. 17: Lichtempfindlichkeitskurven der Vp. 22— und 24----

g. Erhöhte UV B- und UV A-Empfindlichkeit bzw. erniedrigte UV B- und UV A-Empfindlichkeit.

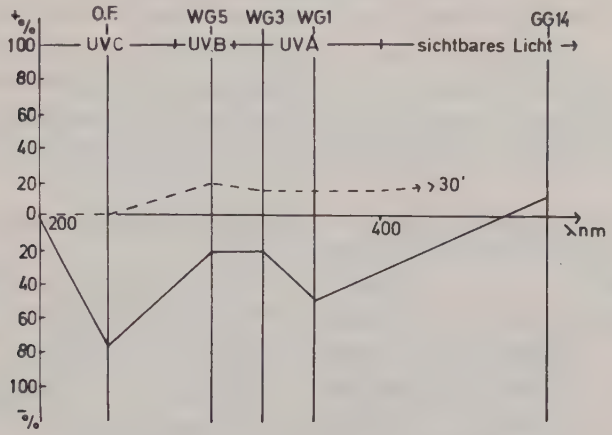

Abb. 18: Lichtempfindlichkeitskurven der Vp. 16 —— und 18 ----

Die Bestrahlungsmethode eignet sich also gut für klinische Routineuntersuchungen, da sie einfach durchzuführen ist und dabei die Lichtempfindlichkeit in sämtlichen Spektralbereichen des UV und sichtbaren Lichts geprüft werden kann. Die Aufstellung und Auswertung der Lichtempfindlichkeitskurven dienen in bestimmten Fällen der dermatologischen Diagnostik.

VII. Zusammenfassung

1. Es wurde eine neue Bestrahlungslampe mit dem Xenonbrenner XBO 15o W unter Verwendung von Schottfiltern beschrieben.

2. Bei 31 Probanden wurden die individuellen Erythemschwellen- in der lateralen Glutaealgegend bestimmt, und zwar sowohl für die ungefilterte als auch für die gefilterte Lampe.

3. Aus den individuellen Werten errechneten sich folgende mittlere Erythemschwellenzeiten:

ohne Filter		4 sec
mit den Filtern	WG 5	15o sec
	WG 3	7 min
	WG 1	1o min
	GG 14	4o min

4. Mit Hilfe dieser mittleren Erythemschwellenzeiten und der getrennten Spektralbereiche wurde ein Schema zur Aufzeichnung spektraler Lichtempfindlichkeitskurven entwickelt.

5. Bei der graphischen Darstellung der Versuchsergebnisse erhielt man Lichtempfindlichkeitskurven, die z.T. für einzelne Lichtdermatosen typisch sind.

6. Auf Grund der Anamnesen, vergleichender Untersuchungen nach den bisherigen Methoden und der Verlaufsform der Lichtempfindlichkeitskurven läßt sich sagen, daß Abweichungen von dem mittleren Erythemschwellenwert von +/- 4o % als "noch normal" zu betrachten sind.

7. Die Bestrahlungsmethode und ihre Auswertung ist geeignet für klinische Routineuntersuchungen zur Bestimmung der Lichtempfindlichkeit und besonders bei der Aufklärung von Lichtdermatosen und ihren auslösenden Spektralbereichen.

VIII. Literaturverzeichnis

1. ANDERSON, W.T. : Xenon compact arclamps.
J. opt. Soc. Amer. 41, 385 - 388 (1951)

2. BACHEM, A. : Die Lichtdurchdringung der menschlichen Haut.
Strahlentherapie 39, 3o - 56 (1931)

3. BACHEM, A.: Time factors of erythema and pigmentation, produced by ultraviolet rays of different wavelengths.
J. invest. Derm. 25, 215 - 218 (1955)

4. BÖHMER, L. und H. LIEBEL:
Erythemwirksamkeit einer Xenon-Hochdrucklampe.
Strahlentherapie 91, 361 - 366 (1953)

5. BURCKHARDT, W. : Versuch zur Einteilung der Lichtdermatosen nach ihrer Pathogenese.
Dermatologica 116, 223 - 229 (1958)

6. COBLENTZ, W.W. : Erythemal and radiometry comparisons of the UV emitted by various sources as a basis for a specification of the unit of dosage intensity.
C.R. II^{e} Congrès Internat. de la Lumière, Kopenhagen 1932, 322-334

7. ELLINGER, F. : Die Lichtempfindlichkeit der menschlichen Haut und ihre Bestimmung für die lichtbiologische Konstitutionsforschung.
Strahlentherapie 44, 1 - 82 (1932)

8. EPSTEIN, St. : Allergische Lichtdermatosen.
Dermatologica 8o, 291 - 32o (1939)

9. EPSTEIN, St. : Photoallergy and primary Photosensitivity to Sulfanilamide.
J. invest. Derm. 2, 43 - 51 (1939)

1o. HAUSSER, K.W. : Einfluß der Wellenlänge in der Strahlenbiologie.
Strahlentherapie 28, 25 - 44 (1928)

11. HEITE, H.J. und G. WEBER :
Methodischer Beitrag zur Pigmentierungs- und Erythemmessung der Haut.
Arch. klin. exp. Derm. 2o4, 327 - 339 (1957)

12. HENSCHKE, U. und R. SCHULZE :
Untersuchungen zum Problem der UV-Dosimetrie.
II. Mitt.: Methodik von Erythem- und Pigmentversuchen.
Strahlentherapie 63, 236 - 255 (1938)

13. HENSCHKE, U. und R. SCHULZE :
Untersuchungen zum Problem der UV-Dosimetrie.
III. Mitt.: Über Pigmentierung durch langwelliges Ultraviolett.
Strahlentherapie 64, 14 - 42 (1939)

14. HENSCHKE, U. und R. SCHULZE :
Untersuchungen zum Problem der UV-Dosimetrie.
IV. Mitt.: Wirkung der Sonnenstrahlung auf die Haut.
Strahlentherapie 64, 43 - 58 (1939)

15. IHLN, A., R. ROMPE und B. WINDE :
Eine neue Strahlungsquelle für die UV-Therapie.
Strahlentherapie 94, 1oo - 1o5 (1955)

16. IPPEN, H. : Porphyria cutanea tarda.
I. Mitt.: Allgemeines und Klinik.
Arch. klin. exp. Derm. 2o8, 223 - 259 (1959)

17. JANNS, W. : Zur medikamentösen Beeinflussung der Lichtreaktion der Haut (unter besonderer Berücksichtigung des 4 - Chlor - 2 - hydroxy - Benzoesäuren - Butylamids).
Med. Diss. Tübingen 1969

18. JUNG, E. : Eine einfache Xenonlampe zum Nachweis von Photoallergien.
Strahlentherapie 133, 465 - 468 (1967)

19. KIMMIG, J. und A. WISKEMANN :
Lichtbiologie und Lichttherapie in:
Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten
Ergänzungsband V/2, (1o2o - 1141)
Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959

2o. KUSKE, H. : Perkutane Photosensibilisierung durch pflanzliche Wirkstoffe.
Dermatologica 82, 271 - 338 (194o)

21. LANGEN, D. : Experimentelle Studien über die Erythembildung der Sonnen- und Himmelsstrahlung.
Strahlentherapie 63, 142 - 17o (1938)

22. LEITZ GmbH : Beschreibung und Anleitung zum Lampenhaus 25o.
Wetzlar, o.J.

23. LUBOLDT, W. : Der Ablauf der Hauttemperatur beim Quarzdampflampenerythem.
Arch. phys. Ther. 2, 232 - 251 (195o)

24. MAGNUS, J.A., A.D. PORTER, K.J. McCREE, J.D. MORELAND and W.D. WRIGHT : An apparatus for the investigation of the responses of the skin to ultraviolet, visible and near infra-red radiation.
Brit. J. Derm. 71, 261 - 266 (1959)

25. McGRAE, J.D. and H.O. PERRY :
Physics of light sources.
Acta derm.-venerol. (Stockh,) 43, 349 - 363 (1963)

26. MEYER, A.E. und E.O. SEITZ :
Ultraviolette Strahlen .
2. Aufl., Berlin: de Gruyter & Co. 1949

27. MIESCHER, G. : Strahlenschutz und Lichtgewöhnung.
klin. Wschr. 1929/I, 84o - 841

28. MIESCHER, G. : Zur Histologie der lichtbedingten Reaktionen.
Dermatologica 115, 345 - 357 (1957)

29. MIESCHER, G. und H. MINDER :
Untersuchungen über die durch langwelliges UV hervorgerufene Pigmentdunkelung.
Strahlentherapie 66, 6 - 23 (1939)

3o. ROTTIER, P.B. : Untersuchungen über die Wirkungen des kurzwelligen Ultravioletttlichts auf die Haut.
Dermatologica 114, 318 - 32o (1957)

31. SAIDMAN, J. : Die Schwankungen der Hautempfindlichkeit und ihre Bedeutung für die praktische Lichttherapie.
Strahlentherapie 45, 86 - 96 (1932)

32. SAYRE, R.M., E.R. STRAKA, J.H. ANGLIN and M.A. EVERETT : A high intensity ultraviolet light monochromator.
J. invest. Derm. 45, 19o - 193 (1965)

33. SCHALL, L. : Untersuchungen über den Ablauf des Lichterythems.
Strahlentherapie 28, 164 - 167 (1928)

34. SCHALL, L. und H.J. ALIUS : Zur Biologie des Ultravioletten.
Strahlentherapie 23, 161 - 18o (1926)

35. SCHÖNFELD, W. und W. SCHNEIDER : Lehrbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten.
9. Aufl., Stuttgart: Thieme 1965

36. SCHOTT & Gen. : Farb- und Filterglas für Wissenschaft und Technik.
Mainz 1962

37. SCHULZ, P.: Eine Strahlungsquelle für kontinuierliche Strahlung hoher Strahldichte.
Zschr. f. Naturforsch. 2, 583 - 584 (1947)

38. SCHULZ, P. : Die Xenon-Hochdrucklampe, eine neuartige Strahlenquelle für kontinuierliche Strahlung.
Strahlentherapie 88, 419 - 422 (1952)

39. SCHULZE, R. : Erythem und direkte Pigmentierung in der Heliotherapie.
Arch. Derm. Syph. 189, 375 - 383 (1949)

4o. SCHULZE, R. : Gewöhnung der menschlichen Haut bei Bestrahlung mit Sonne und Ultravitaluxlampe.
Strahlentherapie 86, 51 - 68 (1952)

41. TRONNIER, H. : Zur Bedeutung der Hornschicht für die Lichtreaktion der menschlichen Haut.
Strahlentherapie 132, 128 - 134 (1967)

42. TRONNIER, H. : Bestimmung der Hautfarbe unter besonderer Berücksichtigung der Erythem- und Pigmentmessung. Strahlentherapie 121, 392 - 404 (1963)

43. TRONNIER, H. und W. MERTEN : Über die UV-Reaktion der menschlichen Haut. IV. Mitt.: Über die Durchlässigkeit der menschlichen Haut für UV-Strahlen verschiedener Wellenlänge. Zschr. Haut- Geschlkrkh. 21, 157 - 167 (1956)

44. TRONNIER, H. und W. SCHNEIDER : Lichttherapie in: Handbuch der physikalischen Therapie hrsg. von GROBER / STIEVE Bd. I, 315 - 454 Stuttgart: Fischer 1966

45. WISKEMANN, A. und H. WISSER: Die Beziehung der direkten Pigmentierung zur Konstitution. Strahlentherapie 99, 594 - 599 (1956)

46. WISKEMANN, A. und K. WULF : Zur Kenntnis der Lichturticaria mit besonderer Berücksichtigung der auslösenden Spektralbereiche. Arch. klin. exp. Derm. 203, 394 - 408 (1956)

47. WUCHERPFENNIG, V. : Biologie und praktische Verwendbarkeit der Erythemschwelle des UV. Strahlentherapie 40, 201 - 244 (1931)

48. WUCHERPFENNIG, V. : Eine automatische Sektorentreppe zur genauen Bestimmung der Erythemschwelle des UV. Strahlentherapie 48, 391 - 396 (1933)

Dank sagen möchte ich Herrn Professor Dr. W. Schneider, daß ich an seiner Klinik diese Arbeit durchführen durfte.

Herrn Professor Dr. H. Tronnier, der mich bei der Ausfüh-ung der Arbeit betreut hat, danke ich für seine wertvolle Hilfe und Unterstützung.

Lebenslauf

Am 22. September 1944 wurde ich, Brigitte Muschal, als Tochter des Gewerbelehrers Erwin Muschal und seiner Ehefrau Hedwig, geb. Rückgauer, in Rottweil geboren.

Von 1950 bis 1955 besuchte ich die Volksschule in Rottweil-Altstadt, von 1955 bis 1964 das Droste-Hülshoff-Gymnasium in Rottweil, wo ich 1964 das Abitur ablegte.

Das Studium der Zahnheilkunde begann ich 1964 an der Universität Tübingen. Im Herbst 1966 bestand ich das Physikum, und im Juni 1969 legte ich das zahnmedizinische Staatsexamen ab.